T-61.246 Digitaalinen signaalinkäsittely ja suodatus

Harjoitusvälikoe/Tentti 3.12.2002, 5.12.2002. Muista myös viimeinen (kertaus)luento ma 2.12.2002 klo 9-12!

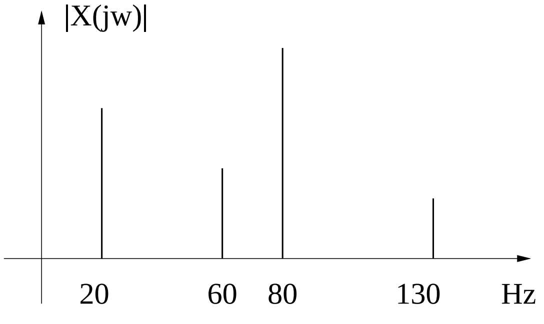
2. välikoe ke 11.12.2002 klo 9-12. Salit A, B ja C.
Tentti pe 13.12.2002 klo 12-15. Salit M ja K.
Jos teet 2. välikokeen, vastaa kysymyksiin 4, 5, 6.
Jos teet tentin, vastaa kysymyksiin 1, 2, 3, 5, 6.

Välikokeessa/Tentissä saa olla oma (graafinen) laskin. Laskimen muistiin ei saa tallettaa omia muistiinpanoja. Tilaisuudessa jaetaan kaavakokoelma. Muita hyvin mahdollisia tehtäviä: konvoluution laskeminen (etenkin tentti), diskreettiaikaisen järjestelmän ominaisuudet (etenkin tentti), monen näytteenottotaajuudet laskut (multirate), FIR-suodinsuunnittelu ikkunamenetelmällä, väitetehtävät. Laskutehtävistä kannattaa esittää selkeät välivaiheet - suorista lopputuloksista ei saa täysiä pisteitä.

1. (3p, TENTTI) Ovatko seuraavat sekvenssit jaksollisia ja jos ovat, mikä on niiden perusjakson pituus?

   a) $x_a[n] = \mu[n] + \mu[-1-n]$
   b) $x_b[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty}(\delta[n-3k] - \delta[n+1-2k])$
   c) $x_c[n] = 2\sin(\frac{2\pi 3}{7}n) + 3\cos(\frac{\pi}{9}n)$

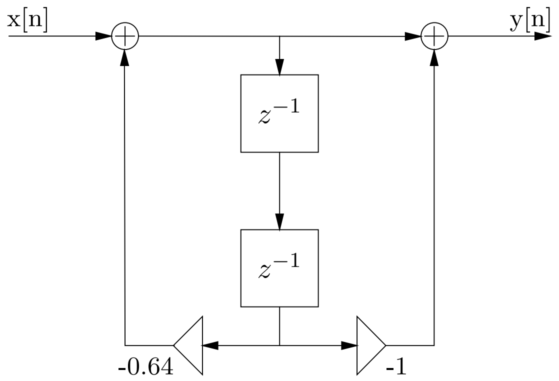
2. (3p, TENTTI) Kuvan 1 mukainen spektri $|X(j\omega)|$ esittää analogista signaalia $x(t)$, josta otetaan 100 näytettä sekunnissa digitaalista signaalinkäsittelyä varten. Saatu lukujono suodatetaan ideaalisella alipäästösuotimella, jonka rajataajuus on neljännes näytteenottotaajuudesta eli $\omega_c = \omega_s/4$. Sen jälkeen sekvenssi palautetaan takaisin jatkuvaksi signaaliksi. Mitä taajuuksia signaalista tällöin löytyy?



Kuva 1: Signaalin $x(t)$ spektri tehtävässä 2.

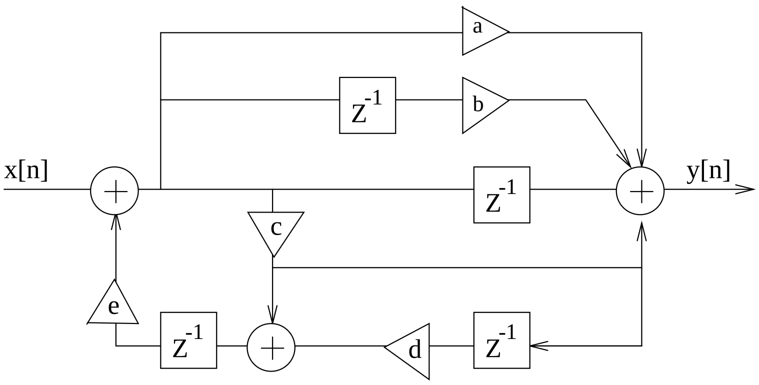
3. (6p, TENTTI) Tarkastellaan kuvan 2 mukaista lohkokaaviota.

   a) Muodosta laskentaa kuvaava differenssiyhtälö tai -yhtälöryhmä.
   b) Mikä on suotimen siirtofunktio $H(z)$?
   c) Piirrä napanollakuvio ja hahmottele amplitudivaste $|H(e^{j\omega})|$.
   d) Mikä on suotimen impulssivaste $h[n]$?



Kuva 2: Tehtävän 3 suotimen lohkokaavio

4. (6p, VK2) Muunna allaolevassa kuvassa esitetty suodinrakenne viiveiden suhteen kanoniseksi siten, että suotimen siirtofunktio pysyy samana.



5. (6p, VK2, TENTTI) Suunnittele 1. asteen Butterworth-tyyppinen digitaalinen alipäästösuodin, jonka rajataajuus on $f_c = 3300$ Hz ja näytteenottotaajuus $f_s = 22050$ Hz. Käytä bilineaarimuunnosta. Analogisen Butterworth-suotimen siirtofunktio rajataajuudella $\Omega_c = 2\pi f_c$ on:
$$H(s) = \frac{\Omega_c}{s + \Omega_c}$$

6. (6p, VK2, TENTTI) Tarkastellaan ensimmäisen asteen rekursiivista suodinta, jonka siirtofunktio on
$$H(z) = \frac{1}{1 - az^{-1}}, \qquad \text{missä } a = 0.5$$

   a) Onko suodin stabiili?

   b) Määrää suotimen tulo/lähtöriippuvuutta kuvaava differenssiyhtälö ja piirrä lohkokaavio.

   c) Tutki suotimen impulssivastetta neljän bitin laskentatarkkuudella (merkkibitti + 3 bittiä) pyöristävällä aritmetiikalla. Oletetaan, että luvut on skaalattu itseisarvoltaan ykköstä pienemmiksi. Esimerkiksi $0_\Delta 111 \triangleq 7/8$ (suurin positiivinen luku), $a = 0.5 \triangleq 0_\Delta 100$. Miten suodin käyttäytyy? Miksi?